

T-81



# Universidad Nacional Autónoma de México

Facultad de Ingeniería

## Proyecto de un Curso de Diseño de Proceso.

### T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:

INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA

P R E S E N T A N :

LEON GALDINO JUAREZ MARTINEZ

ALFREDO GONZALEZ HERNANDEZ

CARLOS GARCIA FLORES

JOSE LUIS NEGRETE BOTELLO

26/81



Universidad Nacional  
Autónoma de México



**UNAM – Dirección General de Bibliotecas**  
**Tesis Digitales**  
**Restricciones de uso**

**DERECHOS RESERVADOS ©**  
**PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

## P R O L O G O

La velocidad de cambio en la tecnología hace indispensable la creación de un Ingeniero dinámico, fundamentalmente en áreas de diseño y construcción de equipo y procesos.

Los requerimientos tecnológicos de nuestra creciente industrialización implican el empleo de Ingenieros con alta capacidad de planeación y diseño para lograr adaptar y crear el equipo y los procesos que serán indispensables para satisfacer las necesidades de nuestro país.

La proposición de un curso de diseño de proceso para nuestra Facultad pretende introducir a nuestros estudiantes en una de las áreas fundamentales de su futura vida profesional; intentando así crear un ingeniero dinámico y capaz.

R. DE BENGOCHEA O.

# I N D I C E

		PAGS.
CAPITULO I	Introducción .....	1
	Necesidades de un curso de diseño ..	3
	Objetivos .....	5
CAPITULO II	Planteamiento del curso .....	7
	Temas y objetivos generales .....	8
	Características y antecedentes académicos .....	9
	Objetivos didácticos .....	11
	Valoración .....	15
	Programación de Recursos .....	19
	Servicios Auxiliares .....	26
	Temario .....	33
	Métodos de enseñanza .....	36
Bibliografía recomendada .....	37	
CAPITULO III	Ejemplo de diseño .....	39
	Planteamiento del problema .....	39
	Principio de funcionamiento de un -- compresor rotativo de palentas desli zantes .....	42
	Memoria de cálculo, dibujos y mate riales .....	47
	Conclusiones sobre el diseño .....	62
CAPITULO IV	Conclusiones Generales .....	63

INTRODUCCION.

El objetivo de este trabajo, es tratar de combinar los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiante a lo largo de la carrera con la disponibilidad y los recursos con que cuenta la industria en el país, ya que frecuentemente se presentan casos en los cuales, un determinado proyecto no se puede llevar a cabo porque el resultado teórico difiere de la realidad o porque en la práctica, no se cuenta -- con la maquinaria o el herramental adecuado para llevarlo a buen fin.

Es por esto que creemos necesario que el estudiante tenga al menos una idea de los recursos con que cuenta la industria y, en base a -- ésto, pueda iniciar un determinado proyecto con posibilidades de obtener conclusiones y/o resultados acordes a la realidad.

En nuestra vida como estudiantes hemos podido observar que desafortunadamente existen ocasiones, en las cuales después de haber cursado determinada materia, se antoja una pregunta clásica: ¿esto para que sirve? ¿cómo puedo aplicar ésto a la realidad?. Preguntas en las -- que se puede notar que el curso desarrollado fué eminentemente teórico y carente de aplicaciones en la vida diaria.

De nueva cuenta se hace necesario el análisis del por qué de esto, y creemos que el mismo estudiante al desarrollar un trabajo en el que tenga que investigar, adaptar, crear, analizar y finalmente concluir tendrá dos fases muy importantes: El desarrollo en sí-el cual incluye una serie de conocimientos, criterios, etc., en donde apreciará -

por el mismo lo que ha asimilado a lo largo de la carrera - y la viabilidad de su proyecto pues de esta forma verá los recursos con que cuenta la industria y sobre todo, algo que consideramos muy importante: La motivación que como estudiante de ingeniería experimentará al ver que con lo aprendido en la facultad puede crear determinados proyectos o dispositivos.

Por otra parte, creemos también que ésto redundará en beneficio del futuro ingeniero, ya que, una vez terminados los estudios, al enfrentarse a la industria podrá adaptarse y desarrollarse con mayor rapidez, pues llegará con una visión un poco más amplia y por lo tanto, podrá enfrentar el panorama que se le presente con mayor optimismo y confianza.

La idea de realizar este trabajo surgió de la inquietud manifestada por un grupo de personas entre las cuales se encuentran alumnos y maestros - a quienes hay que agradecer cumplidamente el apoyo, las ideas y sobre todo, el gran cariño que le profesan a la Universidad - que no se conforman solamente con cumplir el programa de determinada materia, sino que buscan afanosamente la forma de motivar al alumno y de elevar el nivel académico de la Facultad y, por ende, el de toda la Universidad.

En una pequeña encuesta realizada por nosotros mismos, hemos captado el sentir de muchos compañeros alumnos, quienes nos han indicado que el salir de la Facultad y llegar a la industria les impresiona y preocupa ya que, según la mayoría lo único que saben hacer es ir a la Universidad y estudiar y francamente tienen no rendir lo suficiente ya --

que su conocimiento de la vida profesional es mínimo y en algunas ocasiones nulo.

#### NECESIDAD DE UN CURSO DE DISEÑO DE PROCESO.

Aunque es loable el esfuerzo efectuado por las autoridades de nuestra Facultad con respecto al programa de visitas a diversas empresas en el país para que los alumnos observen de cerca a la industria, creemos que ésto no es suficiente, por varias razones: el tiempo que las compañías destinan a ello es muy corto y los grupos de alumnos son demasiado numerosos, lo que ocasiona que se distraigan y no presten la atención requerida.

Es por ello que proponemos un curso de diseño de proceso, en el cual el proyecto a realizar sea dividido en equipos o brigadas, con lo que se beneficiaría grandemente a los alumnos por varias razones como son:

- a) Al ser más reducidos los grupos, se aprovecharía bastante más la visita.
- b) Al tener el alumno que desarrollar por si mismo un determinado proyecto, tendría que preocuparse más por conseguir la información que necesite.
- c) Lo que consideramos más importante - y de lo que básicamente carecemos - es que se incrementaría enormemente la investigación por parte del alumno al observar éste que algunos de los pasos en su proyecto no son viables, bien sea por falta de - -

equipo o porque no ha habido necesidad de crearlo. Tal es el caso - del diseño presentado por nosotros más adelante en el cual se encontraron problemas debido a la falta de información, al desconocimiento de los canales adecuados para lograrla y sobre todo, a la sorpresa de tener que diseñar, calcular y proyectar desde el principio hasta el final un compresor del cual únicamente sabíamos que podría ser realizado.

Es debido a lo anterior que pensamos en la conveniencia de que la Facultad implante un curso de diseño de este tipo, con el fin de ir logrando paulatinamente que el alumno se vaya informando de las existencias de la industria, de las carencias de la misma y, tal vez, -- por este medio alentar la investigación e ir creando poco a poco -- nuestra propia tecnología para reducir paulatinamente la dependencia de tecnología extranjera.

Otro problema que enfrentamos fué que debido a nuestra falta de creatividad y a la forma de diseño aprendida en la Facultad nos resultó más laborioso el diseño del compresor, porque sentimos que los métodos de enseñanza muchas veces se basan en modelos ya creados, restringiendo así el panorama imaginativo, en perjuicio del desarrollo del ingenio del alumno.

Un ejemplo clásico que se presenta en la Facultad es el siguiente:

En función a lo aprendido en los cursos de Diseño de Máquinas I, Diseño de Herramental, etc., se pide al alumno elaborar determinadas piezas (coples, flechas, etc.), que deben tener un diseño óptimo en



cuanto a peso mínimo, cantidad mínima de material requerido, etc., - en donde observamos que el diseño, en la realidad queda reducido al mínimo pues, en la mayoría de los casos, el alumno se concreta a seguir una rutina definida por un programa de computadora, o bien, elabora pequeñas piezas en forma aislada, que por lo mismo, no dan una idea clara de lo que realmente es el diseño integral, comprobando así nuestra tesis.

### OBJETIVOS DEL CURSO

El objetivo del curso es, como ya se ha descrito con anterioridad, - despertar el poder creativo del alumno, imbuyendo fundamentalmente - en él una idea de diseño de conjunto y no de partes aisladas.

Tratando de ilustrar un poco lo descrito, pondremos el siguiente caso: Se tiene un grupo que está cursando la materia de Diseño de Proceso - y se le pide al mismo que realice un proyecto en forma total, siendo necesario dividir a los alumnos en brigadas a las que tocará desarrollar una parte del mismo, consolidando sus resultados para, al final del curso, unir éstas y formar el todo.

En el caso descrito arriba, sería recomendable seguir una cierta rutina para resolver algunos problemas que se pueden presentar en la elaboración del proyecto, dichos pasos serían:

- a) Investigación del problema
- b) Posibles soluciones al mismo
- c) Evaluación de Alternativas

..:

- d) Toma de decisiones
- e) Elaboración del proyecto

Por ejemplo: Se desea montar una industria cementera. En primer lugar es necesario hacer el proyecto completo, determinando la viabilidad del mismo. En segundo término será necesario realizar el análisis del proyecto en sus diferentes fases.

- a) Se formulará un plano maestro de conjunto y una serie de planos auxiliares que complementen al anterior.
- b) Se nombrará un ingeniero Jefe de proyecto - en éste caso sería el maestro - quien lo dividirá en una serie de etapas o fases que tendrán diferente valoración, dependiendo de la importancia o urgencia de las mismas.
- c) El ingeniero Jefe dividirá el proyecto en paquetes y encargará a sus subalternos - los alumnos - el estudio de las respectivas etapas y su acoplamiento con el fin de que al analizarlas como conjunto todas concuerden.

## II PLANTEAMIENTO DEL CURSO DE DISEÑO

Para plantear este curso seguiremos el siguiente procedimiento:

- a) Se establecerán los temas y fines generales.
- b) Se investigarán las características y antecedentes de la población estudiantil para la cual se elaborará este curso.
- c) Se establecerán los fines u objetivos didácticos.
- d) Se establecerá el temario del curso para cumplir con los objetivos generales que se han fijado.
- e) Se estudiarán y programarán los recursos necesarios para desarrollar el curso.
- f) Se establecerá un sistema de valoración para poder cuantificar la eficiencia didáctica del curso y así poder establecer un sistema de retroalimentación de información para poder modificar o mejorar el curso.
- g) Se determinarán los servicios auxiliares.

Todo lo anterior lo podríamos manejar de acuerdo con el siguiente orden:

A.- TEMAS Y OBJETIVOS  
GENERALES

B.- CARACTERISTICAS Y  
ANTECEDENTES ACA-  
DIMICOS.

- C.- OBJETIVOS DIDACTICOS
- D.- TEMARIO
- E.- PROGRAMACION DE RECURSOS
- F.- SERVICIOS AUXILIARES
- G.- VALORACION

En los temas y objetivos generales, debe de tomarse en cuenta que sean de interés general y actualizado.

A) TEMAS Y OBJETIVOS GENERALES.

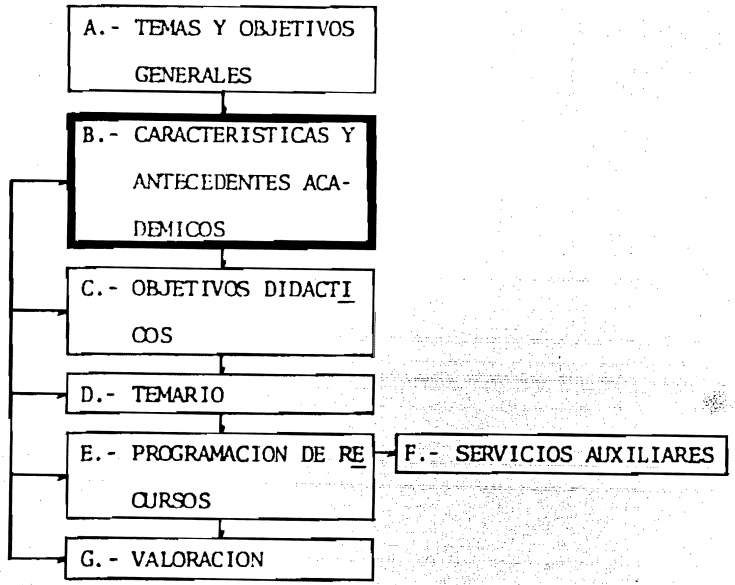
Los temas que se proponen para este curso han sido encauzados directamente al campo de diseño de conjunto con la tendencia a modificarse y actualizarse de acuerdo a las necesidades impuestas por el desarrollo tecnológico.

Las modificaciones y actualización del curso propuesto competen únicamente al departamento correspondiente, el cual analizará los resultados obtenidos en cursos anteriores y de acuerdo a las necesidades detectadas en el campo de diseño, evaluará y hará las modificaciones pertinentes con el fin de elevar la eficiencia del curso.

Los temas generales que se proponen son:

- a) Metodología general del diseño
- b) Conocimiento, uso y obtención de la información requerida
- c) Elaboración de un diseño basado en las proposiciones anteriores.

B) CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES ACADEMICOS



CARACTERISTICAS Y ANTECEDENTES ACADEMICOS.

En función a lo descrito en temas anteriores, puede detectarse la necesidad de que el curso propuesto sea llevado por el estudiante en el 9º. ó el 10º. semestre, ya que las características del mismo hacen necesaria una serie de conocimientos, tales como planeación, diseño, control, operación y mantenimiento de sistemas electro-mecánicos proporcionados al alumno por las materias de semestres anteriores, los cuales brindan los requisitos académicos mínimos para desarrollar satisfactoriamente el curso.

...

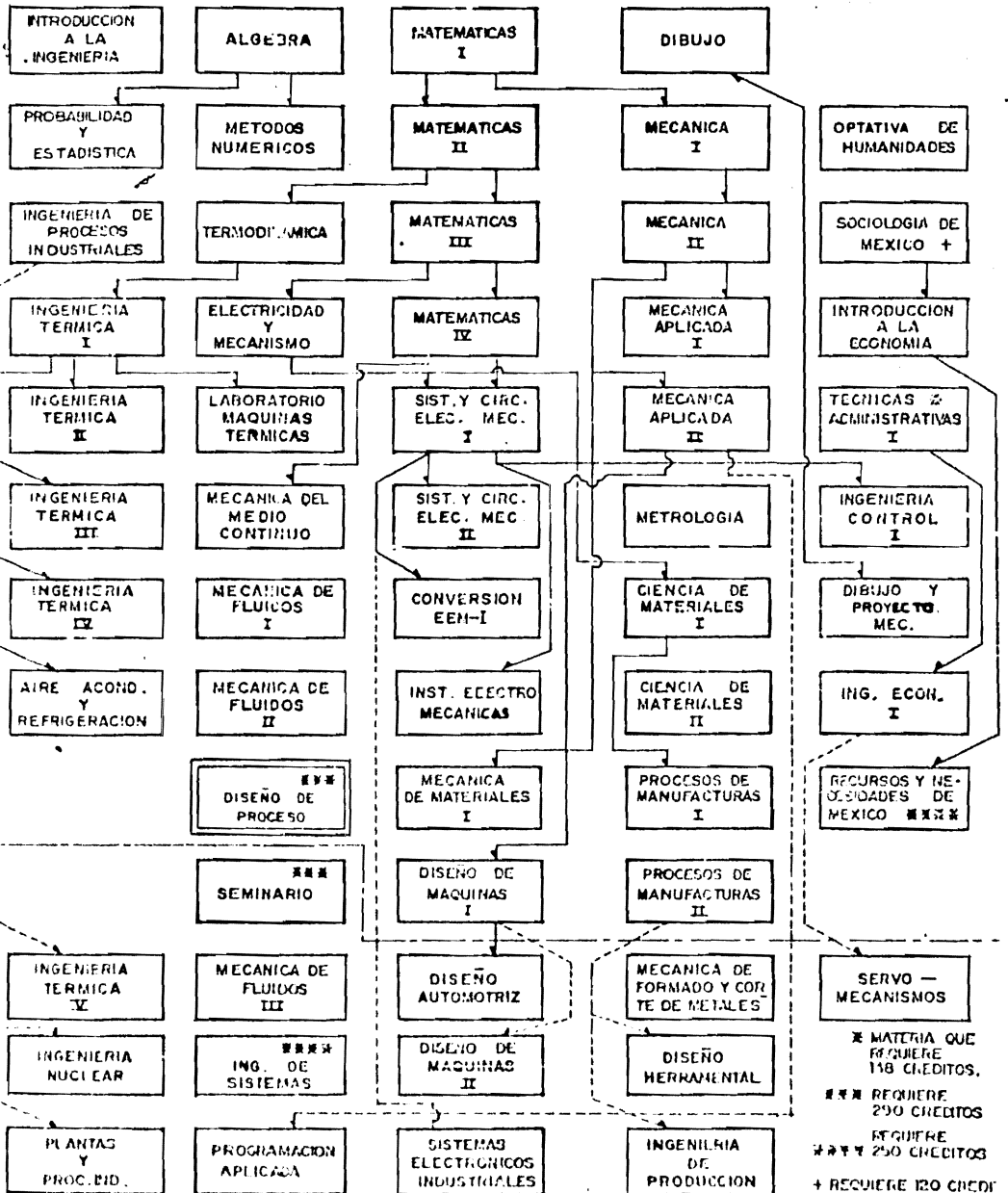
A continuación, se proponen una serie de materias que consideramos reúnen los requisitos indispensables y que al mismo tiempo son los antecedentes académicos:

- 1) Ingeniería de Procesos Industriales
- 2) Ingeniería Térmica II y III
- 3) Mecánica de Fluidos I y II
- 4) Metrología
- 5) Ingeniería Económica I
- 6) Diseño de Máquinas I
- 7) Procesos de Manufactura I y II
- 8) Dibujo y Proyecto Mecánico
- 9) Conversión de Energía Electromecánica I
- 10) Instalaciones Electromecánicas

Como podemos observar, de las materias propuestas, la mayoría de ellas pertenecen a los últimos semestres, por lo cual sugerimos que para poder cursar la materia propuesta por nosotros, sea necesario haber cubierto un número mínimo de 290 créditos y la implantación de la misma tenga carácter de obligatorio en la carrera de ingeniero mecánico electricista (Area Ingeniería Mecánica), con el fin de alcanzar el objetivo propuesto en este trabajo.

Esta materia quedaría integrada en el plan de estudios de ingeniero-mecánico electricista (Area Ingeniería Mecánica) vigente en la Facultad de Ingeniería, de acuerdo al plan de estudios ilustrado en la página siguiente.

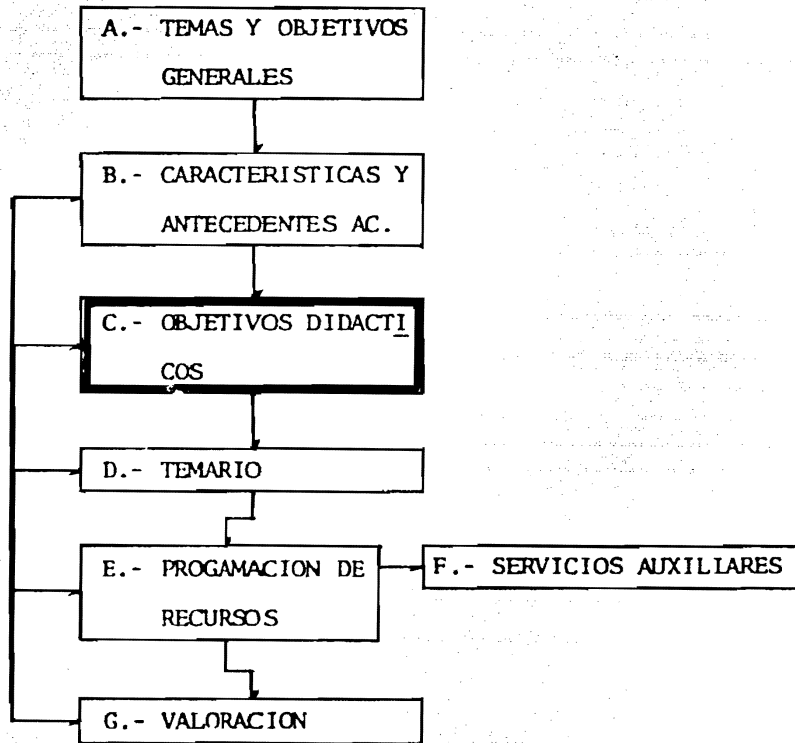
AREA: INGENIERIA MECANICA,  
SERIACION DE MATERIAS.



NOTAS:

- 1.- Las líneas continuas conducen a materias Obligatorias.
- 2.- Abajo de la línea ----- se encuentran las materias Optativas.

✱ MATERIA QUE REQUIERE 150 CREDITOS.  
 \*\*\* REQUIERE 200 CREDITOS  
 \*\*\*\*\* REQUIERE 250 CREDITOS  
 + REQUIERE 120 CREDITOS

OBJETIVOS DIDACTICOS.

Pasamos a la etapa difícil pero esencial de especificar los objetivos didácticos. Podrían también llamarse objetivos del aprendizaje, porque lo que nos interesa es que aprenda el alumno, o sea, el fin de la instrucción.



## NIVELES DE LOS OBJETIVOS.

Como ya sabemos, los objetivos se armonizan con los fines generales formulados para un tema o materia de enseñanza.

Pueden determinarse a dos niveles. El primero delinea los objetivos-terminales, que expresan lo que el estudiante va a hacer en función de una experiencia ininterrumpida durante su estudio de la materia.

Cuando tratamos los puntos o conceptos, de este proceso continuo de experiencia con objetivos formulados más específicamente, tenemos el segundo nivel, llamado de objetivos provisionales o capacitadores. Cada uno de ellos representa una actividad o etapa de aprendizaje.

Aunque deben distinguirse estos dos niveles, suelen agruparse los objetivos terminales y provisionales en una sola formulación de objetivos, sobre todo si la finalidad general se ha concretado a una porción de determinado tema dentro del curso.

## CATEGORIAS DE LOS OBJETIVOS.

Los objetivos del aprendizaje pueden clasificarse en tres categorías principales. A la que se concede mayor atención hoy en los centros docentes es el área cognoscitiva, que se refiere a los objetivos relacionados con lo que sabe el estudiante y sus capacidades intelectuales, titulación, enumeración, solución, etc. La segunda categoría comprende el campo psicomotor o de destreza motora, que se refiere a la

capacidad de usar y coordinar los músculos del esqueleto: actuación, manipulación, construcción, etc. La categoría final, que es la más difícil de dominar, es el área afectiva. Considera el comportamiento relacionado con los sentimientos y emociones, expresadas como actitudes y apreciaciones: gozar, conservar, respetar y otros fenómenos.

Todos los objetivos didácticos o de aprendizaje pueden desarrollarse dentro de una de estas tres categorías.

#### DIFICULTADES PARA FORMULAR POR ESCRITO LOS OBJETIVOS.

Una de las razones por las que muchos sienten pereza en formular por escrito los objetivos concretos de su plan, es el esfuerzo mental que requiere esta tarea. Cada uno de los objetivos debe expresarse de manera clara e inequívoca. Tiene que significar exactamente lo mismo para todos los profesores y discípulos que vayan a aplicarlo. Muchos maestros no están acostumbrados a rigor tan exacto en el planeamiento de su instrucción. Desde hace mucho tiempo se viene basando la enseñanza en generalizaciones demasiado amplias, dejando frecuentemente al estudiante que interprete el sentido de las palabras.

#### LIMITACIONES DE LOS OBJETIVOS.

Es necesario reconocer que en todo programa hay ocasiones en que deben alterarse los objetivos a medida que avanza la unidad o el curso.

Puede ocurrir que no se haya calibrado acertadamente la preparación -

...

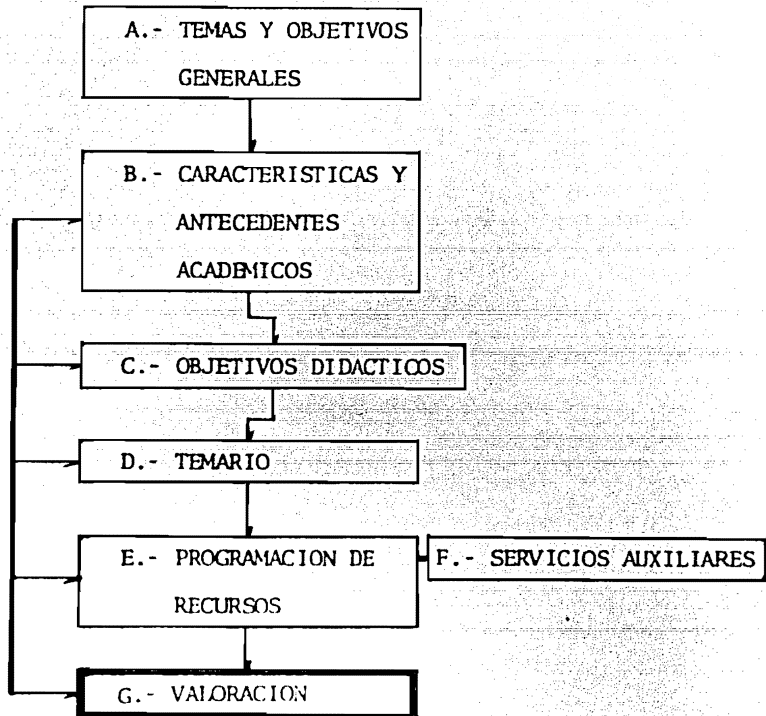
del estudiante y su disposición para lograr un objetivo o también puede descubrirse un área nueva de importancia durante la discusión o estudio, que haya que investigar. En uno y otro caso, se debe ser flexible. Revisar un objetivo o incorporar otro nuevo, según indiquen las necesidades del estudiante.

Se debe incluir en el plan instruccional la forma de incorporar los resultados imprevistos que puedan surgir durante las etapas formativas de un nuevo programa.

#### EL ESTUDIANTE Y SUS OBJETIVOS.

Muchos profesores dan por supuesto que los estudiantes van a aceptar como necesarios y acertados cualesquiera objetivos que se les propongan y Esto no es verdad. Los alumnos discuten muchas veces los méritos posibles de muchas disciplinas que se les invita a estudiar. Por eso debemos decir al estudiante por qué es importante que trabaje para el logro de un objetivo determinado.

## G.- VALORACION.



En la serie que presentamos de las etapas de un plan de diseño instruccional, la valoración constituye la etapa 6. Pero, en el proceso planeador, el desarrollo de técnicas para valorar los trabajos debe seguir inmediatamente a la formulación de los objetivos. Estos indicarán cuál debe ser la valoración. De esta manera se asegura la medida directa de lo que se va a enseñar. Algunos autores recomiendan escribir el examen final o arbitrar otros métodos valoradores, y luego utilizar los elemen

tos de la valoración como objetivos de aprendizaje.

Actualmente la mayor parte de los profesores preparan el examen final de un tema, unidad o curso cuando se acerca a su fin el período de -- instrucción. De ordinario, el maestro plantea preguntas referentes a los temas estudiados en el curso o unidad, y apenas hace referencia a los objetivos.

Una de las maneras de determinar si el profesor está enseñando para -- lograr objetivos de nivel superior, es estudiar el examen final u -- otro instrumento de valoración. Si se propone verdaderamente medir -- los resultados especificados por sus objetivos, esto debe reflejarse -- en las pruebas.

#### MEDICION DEL APROVECHAMIENTO DEL ESTUDIANTE.

Con la valoración se logran dos fines. En primer lugar, sirve para -- averiguar el grado en que el estudiante ha alcanzado los objetivos. (El alto nivel de la realización del estudiante y su aprovechamiento -- es el criterio último de éxito de su programa). En el procedimiento -- estudiado, el fin de la valoración no es medir la categoría de cada -- estudiante en una base competitiva, como hacemos generalmente al uti -- lizar curvas normales o aplicar otros procedimientos de puntuación a -- escala. Más bien debe juzgarse a cada estudiante en cuanto a su apro -- ximación al nivel requerido de comprensión y competencia determinado -- para cada uno de los objetivos que está persiguiendo. En un programa -- bueno, cada estudiante podría alcanzar o superar el patrón mínimo de -- aprovechamiento, con lo cual cada uno obtendría una calificación acor

de a su trabajo.

#### PRUEBAS DE PAPEL Y LAPIZ.

Para preparar las preguntas de una prueba de papel y lápiz en relación directa con los objetivos, podría valerse del trabajo ya realizado anteriormente.

#### PRUEBAS CON MATERIALES AUDIVISUALES.

Pueden efectuarse ejercicios o prácticas de sondeo como procedimientos de valoración intermedia, con objeto de que tanto el estudiante como el maestro puedan averiguar la eficiencia de la instrucción.

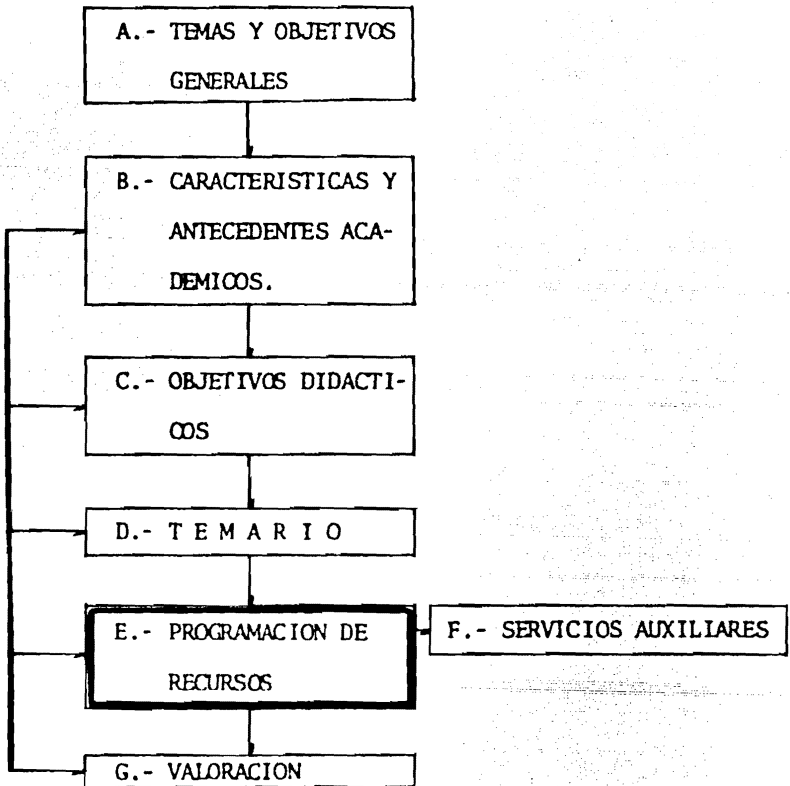
#### VALORACION DEL PLAN INSTRUCCIONAL.

Hemos dicho que son dos los fines de valoración. El primero, medir el aprovechamiento de los alumnos. El segundo, íntimamente relacionado con el primero y de igual importancia, es averiguar si hay algunos puntos débiles en el plan de instrucción, a fin de que el maestro pueda mejorarlos. En este caso, el estudiante es el medio principal de valoración de un programa. El análisis de los resultados de sus pruebas u otras medidas valoradoras, así como las observaciones directas efectuadas mientras trabaja el estudiante, pueden indicar posibles deficiencias en el proceso de aprendizaje, y la necesidad de realizar correcciones. Así, por ejemplo, podrían revelar -- que el ritmo de enseñanza es demasiado lento, o bien el estudiante podría encontrar una parte o serie de unidades no sólo confusa, --

sino carente de interés o hasta demasiado difícil.

La información obtenida (suele llamarse "retroalimentación") de la valoración de esta prueba piloto puede indicar que debe realizarse una o más enmiendas al plan antes de aplicarse a un grupo entero de estudiantes.

## E.- PROGRAMACION DE RECURSOS.





## IMPARTICION O EXPLICACION.

De conformidad con el procedimiento que hemos llamado de impartición -- que también podría denominarse de explicación, el profesor o el estudiante refiere, muestra, presenta, o desarrolla el tema o materia objeto de la enseñanza a un grupo de estudiantes de cualesquiera proporciones. Esta actividad puede llevarse a cabo en una aula, en un auditorio o en cualquier otro lugar. El maestro situado frente al grupo, puede limitarse a hablar. Pero también puede utilizar materiales audiovisuales como transparencias, grabaciones, gráficas o películas, aisladamente o en diversas combinaciones.

El proceso de la explicación puede desarrollarse también sin que haya necesidad de que esté físicamente presente el profesor, cuando se trata de un filme, un audiotape con diapositivas o un videotape.

Cada uno de estos métodos representa el proceso de impartición en una sola dirección: del profesor a los alumnos. Cuando desarrolla éste la explicación, puede proporcionar a sus discípulos esbosos o guiones impresos, u otros materiales elaborados a mano. También puede indicar a los estudiantes que tomen apuntes durante su explicación. Cuando funciona este procedimiento, los estudiantes adoptan casi siempre una actividad pasiva. Quizá estén activos mentalmente, pero sus movimientos físicos externos son escasos.

Como los estudiantes aprenden mejor cuando están activos, es preferible incorporarlos a la explicación por medio de "actividades de parti-

participación". Entendemos por "participación" el que los estudiantes realicen algunos movimientos físicos o se vean mentalmente inducidos a hacer algo. Algunos profesores les reparten guiones y diagramas u otros materiales por el estilo, que les sirven de guía para la explicación. Se invita a los estudiantes a que los suplementen con apuntes propios. Otra técnica consiste en que los estudiantes contesten en hojas de papel a las preguntas o problemas que se van planteando durante la explicación.

#### ESTUDIO INDEPENDIENTE.

De los tres métodos de enseñanza y aprender, el estudio independiente es el que está mereciendo mayor atención por parte de los interesados en rectificar los procedimientos didácticos. Hay muchos argumentos -- que defienden la teoría de que el aprendizaje es algo a realizar por el mismo individuo, y que se logra mejor cuando el estudiante trabaja por su propia cuenta, se dedica activamente a desarrollar las tareas señaladas y obtiene resultados correctos. Esto quiere decir que, teóricamente, debe enseñarse a cada estudiante según sus características y necesidades personales, un conjunto individual de experiencia de aprendizaje para cada objetivo.

Al reconocer que la participación activa es un elemento esencial para aprender, la mayor parte de los maestros pueden diseñar experiencias para sus alumnos, que van desde un programa minuciosamente estructurado hasta un plan que permita al estudiante libertad y responsabilidad completa, escogiendo sus propias experiencias y materiales y decidiendo el orden que van a seguir en su uso.

Se denomina de diversas maneras este procedimiento: autoinstrucción, aprendizaje individual, enseñanza prescrita individualmente, estudio autodidáctico y estudio independiente.

Cuando se trata de un tema del que sabe poco, es esencial que sus experiencias de aprendizaje vayan estructuradas y detalladas cuidadosamente.

Al comprobar su éxito, sigue adelante con confianza. Cuando surgen dificultades, él mismo comprenderá que necesita estudiar más, o bien puede pedir ayuda al profesor. Así, por medio de su estudio independiente, el alumno está constantemente estimulado, tiene experiencia de su propio éxito y se entera de los resultados de sus esfuerzos inmediatamente.

Muchos de los procedimientos utilizados en las actividades del estudio independiente son consecuencia de la investigación sobre el aprendizaje humano. La mayor parte de los psicólogos del aprendizaje están de acuerdo en cuanto a los siguientes principios:

- 1.- PREPARACION PREVIA: Los estudiantes deben haber recibido el aprendizaje preliminar necesario para la lección. Si no han asimilado estos conocimientos, de nada les servirá el estudio siguiente, ni podrán relacionarlo fácilmente con la unidad o estructura total del curso.

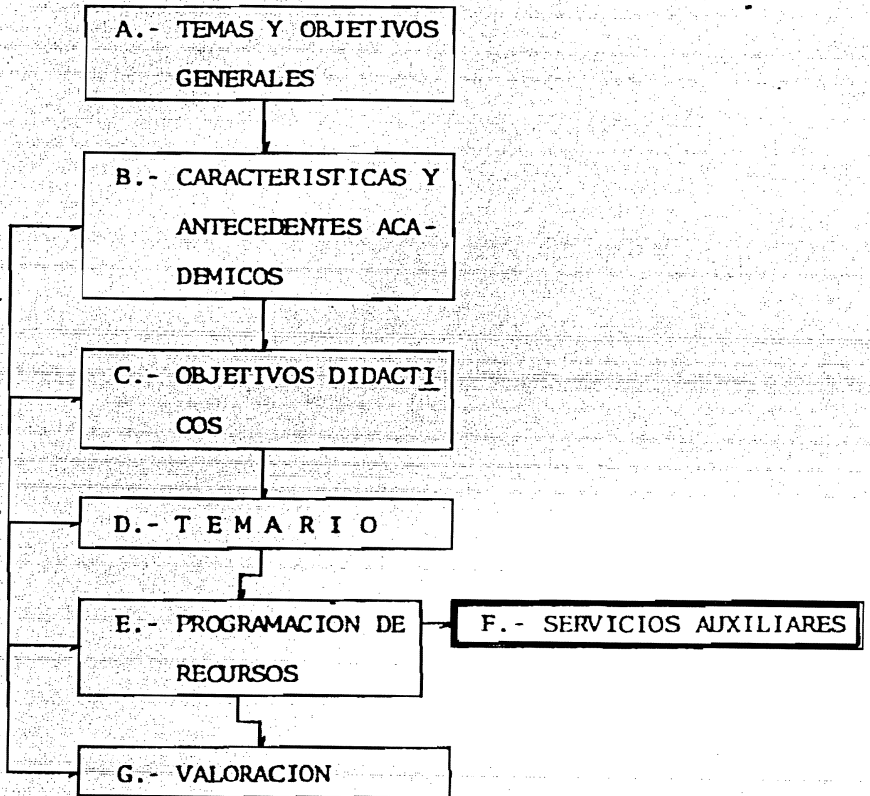
- 2.- LA MOTIVACION: Cuando se ayuda al estudiante a interesarse por un tema o asunto, o sea cuando puede estimularse su deseo de aprender determinada lección, su atención se concentrará y sostendrá. El resultado se traducirá en una mayor facilidad de la instrucción y del aprendizaje, y el alumno propenderá a aceptar la responsabilidad de continuar por propia cuenta las experiencias de su aprendizaje. Además al proporcionárseles variedad de experiencias didácticas, se sentirá interesado y estimulado en general.
- 3.- DIFERENCIAS INDIVIDUALES: Los estudiantes aprenden a ritmo distinto, por lo cual deben diseñarse sus experiencias de aprendizaje, de tal manera que cada uno pueda avanzar a su paso y quizá a su nivel de capacidad, empleando los materiales más adecuados para él.
- 4.- PARTICIPACION ACTIVA: Aprender es una actividad que debe ser desarrollada por el estudiante, y no por el maestro, en virtud de algún proceso de transmisión. Por tanto, para que aprenda de verdad, debe invitarse al estudiante sistemáticamente a realizar actividades de participación. La tarea principal del profesor es organizar y poner a disposición de los estudiantes los debidos materiales.
- 5.- EL APROVECHAMIENTO: El aprendizaje tiene que estructu-

rarse de tal forma que el estudiante se sienta estimulado mentalmente y tenga éxito frecuente en sus realizaciones. Al averiguar que está aprovechando, experimentará una satisfacción que le dará nuevos alientos para seguir desarrollando sus esfuerzos.

- 6.- CONOCIMIENTOS DE LOS RESULTADOS: El entusiasmo por aprender puede intensificarse cuando el estudiante se entera de que está haciendo bien las cosas durante el desarrollo de una lección. Por tanto, hay que brindar al alumno oportunidades frecuentes de probarse así mismo, con objeto de comprobar su progreso.
- 7.- LA PRACTICA: Intimamente vinculada con el éxito y el conocimiento de los resultados, está la necesidad de proporcionar al estudiante oportunidades para utilizar sus conocimientos aprendidos, aplicándolos a numerosas situaciones prácticas. Por tanto, en cuanto haya aprendido los principios y las generalizaciones, deben ponerse ejercicios y depararsele experiencias prácticas.
- 8.- ORDEN GRADUADO DE LOS TEMAS: Los temas deben ordenarse sistemáticamente procediendo de lo sencillo a lo difícil es decir, comenzando por aprender datos, avanzando después hacia la formación de conceptos y principios. El aprendizaje individual puede ser dinámico y altamente estimulante, utilizando diferentes materiales didácti

cos en relación con los fines establecidos dentro del marco de la materia. Puede proporcionar al estudiante muchas oportunidades de depurar su criterio, aplicar los principios, resolver problemas y desarrollar su talento creador

## .- SERVICIOS AUXILIARES



Entre estos servicios están los fondos económicos, las facilidades, el equipo y el personal que vaya a precisarse para tomar parte en el proyecto instruccional. Los profesores o los equipos docentes no se ocupan en numerosas ocasiones de solicitar estos servicios necesarios, -- hasta que llega el momento de utilizar determinado equipo, determinada clase o dependencia, cierta cantidad de dinero, o una asistencia profe

sional o técnica particular. Esto es algo que no puede hacerse al elaborar un plan de diseño instruccional.

#### EL PRESUPUESTO.

Para todos los nuevos programas hacen falta fondos con los cuales poder empezar.

Después de haberse comprobado la excelencia de un programa cuidadosamente planeado, los frutos, evidenciados en el aprovechamiento cada día mayor del estudiante y en el uso mejor de los servicios prestados por el profesor, deben justificar la inversión inicial.



## EL EQUIPO

Una vez decididos los tipos de materiales que van a utilizarse en el programa, debe estudiarse la necesidad del equipo con el cual se van a emplear.

Las personas que directamente intervienen en un programa nuevo deben examinar cuidadosamente por sí mismas, y ensayar, el equipo que les recomienden. Además conviene que los estudiantes lo prueben y tra - ten con él antes de formular las decisiones definitivas.

## EL TIEMPO Y SU DISTRIBUCION

Es menester contar con tiempo para el planeamiento profesional, para recabar la colaboración del personal técnico y burocrático a la tarea de localizar y preparar materiales.

## LA COORDINACION CON OTRAS ACTIVIDADES.

Coordinando las actividades y comunicándose con los demás miembros del sistema escolar y con las personas que convivan en el mismo edificio, puede producirse un clima de comprensión y de buena voluntad.

Debe ponérseles al tanto de las actividades que puedan interesarlos profesionalmente, o que de alguna manera tengan que ver con ellos y sus alumnos.

## MÉCANICA DEL PLANEAMIENTO

La planeación de la enseñanza es un proceso mental complejo que requiere tener presentes simultáneamente muchos elementos distintos, y estar revalorando constantemente la relación de cada parte del plan con el todo, puesto que un elemento puede afectar al desarrollo de los demás. Además, es preciso ser flexible en la manera de pensar y encajar en el plan las ideas nuevas que puedan surgir.

Una manera de iniciarlo consiste en hacer una lista de los asuntos, fines, temas y actividades que va a comprender el curso proyectado de estudio y anotar cada uno en fichas de diferentes colores.

Para asuntos que tengan mucha relación entre sí, como materias y fines generales, objetivos didácticos y valoración, deben emplearse fichas del mismo color.

Lo mismo que ocurre en muchas otras actividades de índole creativa, el planeamiento de la instrucción requiere lo que pudiéramos llamar un período de gestación de las ideas, para que vayan asentando y madurando.

## CAPACIDADES DEL PERSONAL

### Y RELACIONES DE TRABAJO.

Para el planeamiento del diseño instruccional y para llevar a la práctica el programa, se necesitan conocimientos profesionales de varios campos distintos.

## EL DISEÑADOR INSTRUCCIONAL

La persona que desempeñe este trabajo debe tener experiencia docente, preparación en filosofía de la educación, sicología didáctica, métodos de instrucción, conocimientos adecuados de los procedimientos didácticos, trabajar con todo el personal y coordinar el programa con los administradores del centro docente. Supervisará las existencias de los materiales seleccionados, ayudará a valorar los ensayos y las pruebas y contribuirá a poner en marcha el programa.

Algunos pedagogos opinan que el diseñador instruccional DEBE SER COMPETENTE EN LA MATERIA O CAMPO EN QUE TRABAJA. Otros educadores estiman que debería tener experiencia didáctica, aunque no necesariamente en el campo o materia que se está planeando.

Como lo que esencialmente le concierne es el proceso del diseño instruccional, deberá estar en condiciones de captar la secuencia de los objetivos sin necesidad de dominar la materia.

## EL ESPECIALISTA EN CURRICULUMS Y MATERIAS.

Para cubrir este puesto y desarrollar este trabajo, se necesita una persona de iniciativa y de talento imaginativo, que pueda captar con amplio criterio el campo de estudio y sus aplicaciones.

## LOS ESTUDIANTES

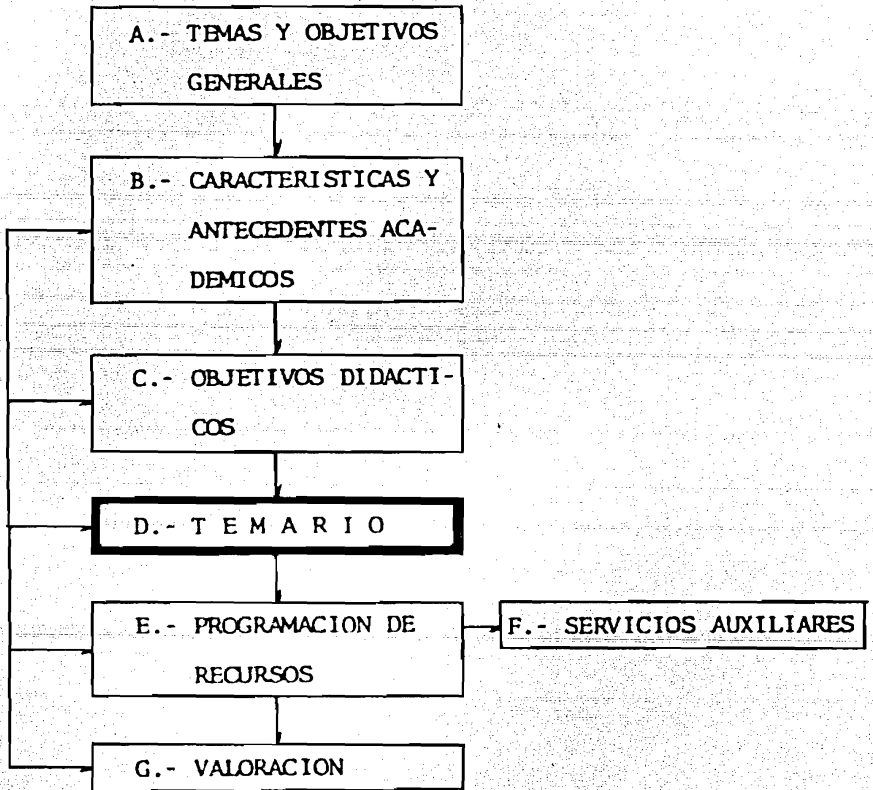
Deben seleccionarse dos o tres alumnos que hayan estudiado la materia

en cuestión, y pedirles que participen en las sesiones de planeamiento. Son capaces de reaccionar positivamente a las actividades y valorar los aspectos de la discusión.

#### LAS RELACIONES DE TRABAJO ENTRE EL PERSONAL

Es preciso conocer a los profesores y miembros del equipo con quienes se va a trabajar, comprender sus teorías y aspiraciones didácticas, su manera de enfocar el tema y su talento para seleccionar ejemplos adecuados con qué explicar los conceptos.

## D. - TEMARIO



## D. - T E M A R I O

### METAS DEL CURSO

Al terminar el curso el alumno debe poder detallar y especificar los componentes de un sistema, no solo escogiendo correctamente las partes que deban comprarse, sino suministrando toda la información necesaria para que puedan construirse aquellas que han de ser manufacturadas. Para esto el alumno tiene que saber seleccionar los materiales de construcción así como analizar y detallar mecánicamente los elementos de que se compone el sistema.

El alumno debe identificar las funciones que han de ser satisfechas por cada objeto que se diseña y debe asegurarse de que dicho objeto cuente con medios adecuados y suficientes para que tales funciones se cumplan, debe saber también descomponer un sistema o un objeto en tantas partes como sea necesario hasta llegar a obtener los elementos simples cuyo comportamiento físico, químico, matemático, etc., puede ser previsto por él. Finalmente debe comprobar si el encadenamiento de esos elementos simples dan lugar a un todo que realice, con seguridad, las funciones que de él se esperan a un costo razonable y durante el tiempo que haya sido especificado.

El alumno deberá saber presentar en forma clara y concisa toda la información necesaria para que su proyecto pueda ser ejecutado por otros y a la vez debe aprender a programar y realizar la -

ejecución de proyectos ya sean propios o extraños.

Como indican varios autores, el diseñador tiene que aplicar cono cimientos muy diversos de diferentes disciplinas. Sin embargo - debe desarrollar, especialmente su creatividad así como su capacidad analítica y sintética para resolver problemas aplicando -- siempre un criterio económico correcto. Debe desarrollar tam -- bién un completo sentido de responsabilidad para que pueda reconocer tanto sus propias limitaciones, como las cualidades de los diseños ajenos y sobre todo de aquellos que ya han sido probados evitando así el diseñador cosas inecesarias, dudosas e inseguras.

T E M A R I OTEMA I

## INTRODUCCION AL CURSO DE DISEÑO

- a) Consideraciones generales de diseño
- b) Códigos
- c) Especificaciones
- d) Normas de Fabricación
- e) Certificación de planos y dibujos
- f) Diagramas de flujo del proceso
- g) Instrumentación

TEMA II

## ELABORACION DE UN PROYECTO

- a) Investigación del problema
- b) Posibles soluciones
- c) Evaluación de Alternativas
- d) Toma de decisiones

TEMA III

## DESARROLLO, ANALISIS Y EJECUCION DE PROYECTO

- a) Memorias de cálculo
- b) Dibujos, planos y especificaciones
- c) Diagramas de ingeniería
- d) Lista de materiales



- e) Costos de fabricación
- f) Rentabilidad
- g) Planeación de recursos
- h) Estados financieros
- i) Ruta crítica
- j) Planeación de la producción

#### TEMA IV

##### CONCLUSIONES

Nota: Tema I y II: Teóricos  
Tema III y IV: Prácticos

#### MÉTODOS DE ENSEÑANZA QUE DEBEN USARSE

- A) Exposición oral
- B) Prácticas fuera del aula
- C) Audio visual
- D) Lecturas obligatorias
- E) Investigación individual

Se propone que este temario sea desarrollado en dos partes durante un semestre, en la primera parte se llevará a cabo la sección teórica -- del curso comprendido en los capítulos I a II y en la segunda parte - la sección práctica que comprende los capítulos III y IV.

1.- Se integrarán grupos de 3 alumnos que trabajarán en un proyecto

durante la sección práctica del curso.

- 2.- Asignación de tema a cada equipo, consistente en dar las especificaciones del proyecto a diseñar. Esta asignación puede ser hecha por el profesor o bien a elección de los alumnos mediante la asesoría de catedráticos e ingenieros de otras áreas, o inclusive externos a la facultad, quedando la autorización a criterio del profesor titular del curso.

#### SISTEMA DE CONTROL DEL APROVECHAMIENTO DE LOS ESTUDIANTES.

- Trabajos de investigación
- Participación en clases
- Calificación de trabajos escritos
- Examen semestral

Estos métodos de evaluación han sido propuestos como una sugerencia al profesor ya que éste tendrá la libertad de aplicar el criterio que considere conveniente.

El examen semestral podrá llevarse a cabo mediante la presentación y revisión de la memoria de cálculo del proyecto realizado por cada grupo de alumnos.

#### BIBLIOGRAFIA RECOMENDABLE

- Process Equipment Design

- Hesse-Rushton
- Process Equipement Design  
Brownell - Young
- Mechanical Engineer's Handbook  
Marks
- Pressure Vessel Design  
Harvey
- Design Engineering  
Dixon
- Introduction to design  
Asimow
- Machine Design  
Hall, Holowenko, Laughlin
- Mecánica de Materiales  
Shanley
- Introducción a la mecánica de sólidos  
Popoff
- Mecánica de los fluidos  
Hansen
- Elementos de mecánica del medio continuo  
Levy

## EJEMPLO DE DISEÑO

Tratando de ilustrar lo expuesto con anterioridad, pasamos al caso que nos fué planteado al principio del seminario de tesis:

Se requiere diseñar un compresor para Freon 12 que se utilizará en refrigeración, el cual debe tener ciertas ventajas con respecto a los -- que hay actualmente en el mercado como son: bajo costo, volumen reducido, ligero, mantenimiento mínimo y mayor eficiencia.

Se nos proporcionaron una serie de datos iniciales relativos a condi -- ciones de entrada, se nos dejó abierto el campo de la investigación y -- del diseño de tal forma que nosotros pudiéramos seleccionar el que con -- sideramos más adecuado, pero debemos anotar que se nos sugirió un com -- presor rotatorio de paletas deslizantes, ya que los reciprocantes pre -- sentaban una serie de desventajas tales como mayor número de partes en -- movimiento, pesados, poco eficientes, elevado costo de fabricación, etc. Como primer paso, tuvimos que empezar a documentarnos sobre el funciona -- miento en forma más detallada en los compresores de desplazamiento posi -- tivo. El siguiente paso, fué ir a la sección de Ingeniería Térmica en -- donde se nos proporcionó información y nombres de las diferentes compa -- ñías que se dedican a la fabricación de compresores.

A continuación visitamos diferentes compañías tales como Norwalk, Wor -- tington, Ingersoll-Rand, en donde se nos proporcionaron folletos e in -- formación técnica pero se nos indicó que el tipo de compresor que que -- ríamos no se fabricaba pues el gasto y la capacidad eran muy pequeñas.

De dicha información, pudimos obtener algunas recomendaciones en el Manual de Ingersoll-Rand y una idea de diseño de los compresores de Worthington para finalmente mezclarlos y diseñar un prototipo que pensamos pudiera llenar las condiciones dadas por el asesor.

El siguiente paso fué seleccionar las materias vistas a lo largo de la carrera que pensamos eran necesarias para el logro de nuestro propósito, deduciendo que las más importantes para nuestro caso serían: Termodinámica, Ingeniería Térmica, Procesos de Manufactura, Mecánica de Fluidos, Instalaciones Electromecánicas, Dibujo y Proyecto Mecánica, Ingeniería Económica, Diseño de Máquinas y Plantas y Procesos Industriales.

Volviendo al ejemplo, las especificaciones de Operación que nos fueron proporcionados como condiciones de entrada y salida del compresor son:

$$P_1 = 40 \text{ PSIG} = 54.7 \text{ PSIA} = 3.83 \text{ KG/CM}^2$$

$$T_1 = 43.11 \text{ }^\circ\text{F (Saturación)} = 6.17 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$Q = 10\text{-M}^3/\text{HR}$$

$$N = 1750 \text{ RPM}$$

$$P_2 = 164.5 \text{ PSIA} = 11.51 \text{ KG/CM}^2$$

$$K = 1.142$$

Gas a comprimir - Freon - 12

Quedando restringida su construcción a un diámetro:

$\emptyset$  Int. de carcaza = 4 pulgadas

Suponiendo un diámetro interior de la carcaza de 4 IN=10 CM y con los datos obtenidos, calculamos el espesor y altura de la carcaza y potencia al freno necesario.

A continuación, presentamos los dibujos de dicho proyecto en donde se ilustran los diferentes componentes del compresor y un ensamble general al que se le anexa una lista de partes, en la que se describen -- los materiales usados, pudiendo observarse que el número de piezas, -- el peso, el volumen y por consiguiente el costo es menor en este compresor comparado con otro de capacidad equivalente.

Finalmente, creemos que la eficiencia debe aumentar y para ello se -- está creando un prototipo, en el que se podrá observar si el cálculo -- teórico del mismo, corresponde a la realidad.

## PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

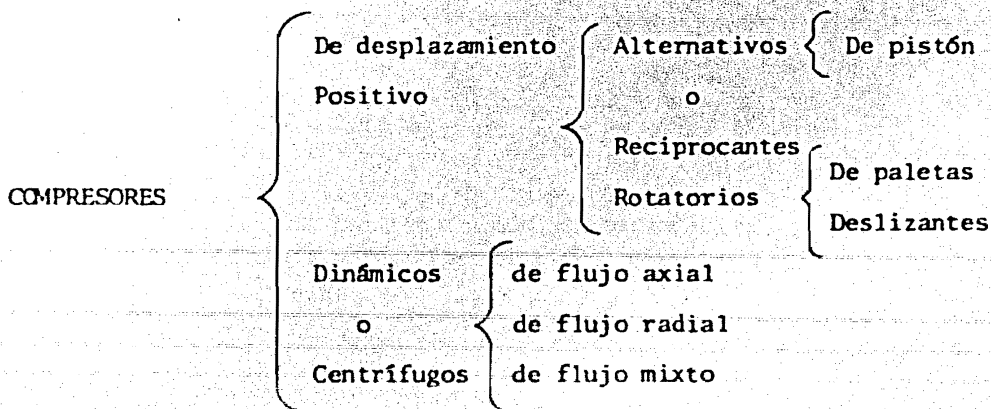
### GENERALIDADES:

Se llaman **compresores**, a las máquinas que pueden proporcionar alta presión a los gases, mediante algún agente externo que realiza trabajo - sobre éstos. Un compresor lleva el gas de una presión dada a otra -- mucho mayor, consiguiéndose ésto, debido a un proceso de reducción de volumen de dicho gas.

Se clasifican los compresores en dos grandes grupos, de acuerdo con - la forma en que se maneja el gas durante el proceso de compresión:

- A) De desplazamiento positivo
- B) Dinámico o centrífugo

Una clasificación más completa de los diferentes tipos de estos dos - grupos, es la siguiente:



## DEFINICIONES

Los compresores de desplazamiento positivo, son aquellos en los que los volúmenes sucesivos de gas se encuentran confinados en un espacio cerrado, en el cual la presión aumenta conforme este espacio va disminuyendo.

La reciprocantes (fig. N° 1), son aquellos en los que el elemento de compresión es un pistón, que tiene un movimiento recíprocante dentro de un cilindro.



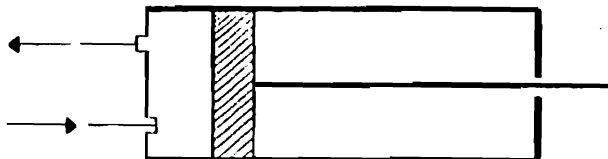


FIG N° 1

Compresor de émbolo de desplazamiento positivo .

En los rotatorios la compresión se efectúa por medio de la acción de elementos en rotación; en este tipo se encuentran los de paletas deslizantes (fig. N° 2) las cuales comprimen el gas debido a la acción de unas paletas longitudinales, que deslizan en un rotor montado - - excéntricamente en un cilindro o carcasa.

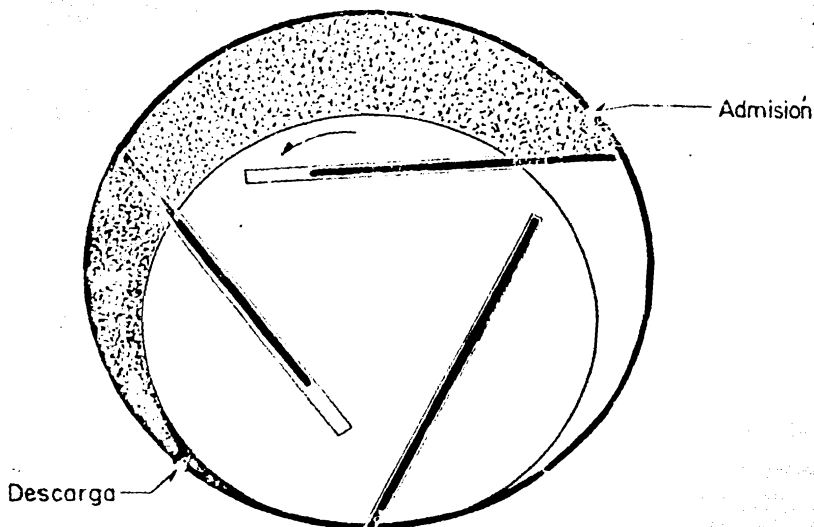


FIG. N° 2

Compresor rotativo de paletas deslizantes

Los compresores del tipo dinámico o centrífugo, son aquellos en los cuales el gas es comprimido por la acción dinámica de aspas o impulsores en rotación, impartiendo velocidad y presión a dicho gas. La clasificación de este tipo de compresores obedece a la dirección que el impulsor le imparte al flujo y éste puede ser axial, radial o mixta.

Durante muchos años, dentro de este grupo de compresores centrífugos, se les dio el nombre de sopladores a aquellos que comprimían el gas hasta una presión abajo de 40 psig, ya que el término compresor se

aplicaba a los de una presión mayor. Debido a las nuevas aplicaciones que se han desarrollado a últimas fechas, abarcando varios rangos de presión, esta diferencia en nombres ha ido desapareciendo, usando ahora en ambos casos el nombre de compresor. Cada uno de estos tipos de compresores tienen particularidades que los hacen preferibles en ciertas aplicaciones, así tenemos que la velocidad, la relación peso-capacidad o la eficiencia, pueden hacer a un compresor más adecuado para realizar determinado trabajo, pero para otro distinto, no ofrece la misma perspectiva.

Los compresores reciprocantes, requieren válvulas de admisión y de descarga, así como algunos un pistón especial para lubricar los anillos y las paredes del cilindro; debido a esto, el gas comprimido llevará una cierta cantidad de aceite, pudiéndose eliminar esta característica utilizando compresores no lubricados como es el caso de nuestro diseño debido a que no existe en ellos un contacto de metal con metal. Los compresores centrífugos tampoco requieren de lubricación ni válvulas de admisión y descarga.

Las aplicaciones de los compresores en la actualidad, presentan un panorama ilimitado, pues su campo de acción abarca todo tipo de industrias, la agricultura, los transportes, las construcciones, el campo petrolero, etc. señalando solamente algunas de las aplicaciones más comunes.

En el caso de la industria de la refrigeración, se usan compresores que manejan Freon, amoníaco, etc. El tipo más común en esta aplicación, es el compresor alternativo.

## MEMORIA DE CALCULO

CALCULO DE LOS VOLUMENES DE ENTRADA Y SALIDA DEL COMPRESOR.

Las condiciones de trabajo para comprimir freon 12 ( $\text{CCL}_2 \text{ F}_2$ ) son:

Presión de entrada manométrica  $P_1 = 40 \text{ Psig} = 54.7 \text{ Psia} = 3.83 \frac{\text{Kg}}{\text{cm}^2}$

Temperatura de entrada  $T_1 = 43.11 \text{ }^\circ\text{F} = 6.17 \text{ }^\circ\text{C}$

Gasto requerido  $Q = 10 \text{ m}^3/\text{hora}$

Revoluciones  $N = 1750 \text{ RPM}$

Presión de salida  $= 150 \text{ Psig} = 150 + 14.7 = 164.7 \text{ Psia}$

CARACTERISTICA DEL REFRIGERANTE FREON F.12(DICLORODIFLUORMETANO.)

PROPIEDADES:

Punto de fusión  $-157.7 \text{ }^\circ\text{C}$

Punto de ebullición  $-29.1 \text{ }^\circ\text{C}$

Temperatura crítica  $117.7 \text{ }^\circ\text{C}$

Presión crítica absoluta  $40.9 \text{ Kg/cm}^2$

...

$$K = cp/Cv \quad 1.14$$

$$\text{Relación de compresión} \quad 4.07$$

El cálculo está hecho para un compresor rotatorio de tres paletas deslizantes, las cuales se encuentran colocadas en un rotor excéntrico de -- tal forma que las ranuras donde se encuentran alojadas estas paletas -- describen un triángulo equilátero como se observa en la fig. N° 2.

Cálculo del volumen de admisión.

El volumen de admisión por cada Revolución ( $V_a$ ) a la presión de entrada será:

$$V_a = \frac{\text{GASTO}}{\text{RPH}} = \frac{10 \times 10^6 \text{ cm}^3 / \text{H}}{(1750 \text{ RPM})(60)} = \frac{10 \times 10^6 \text{ cm}^3 / \text{H}}{105,000 \text{ RPH}}$$

$$V_a = 95.23 \text{ cm}^3 / \text{REV.}$$

El volumen de admisión confinado entre dos paletas y la carcasa será:

$$\frac{V_a}{3} = \frac{95.23}{3} = 31.74 \text{ cm}^3 = 1.93 \text{ in}^3$$

Cálculo del volumen de compresión.

Para determinar el volumen mínimo de compresión se establecieron las siguientes consideraciones.

...

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2} \quad (1)$$

$$T_2 = T_1 \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{k-1}{k}}$$

$$K = 1.142$$

$$P_2 = 164.7 \text{ PSIA}$$

$$P_1 = 54.7 \text{ PSIA}$$

$$T_1 = 43.11 \text{ }^\circ\text{F} + 460 = 503.11 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$T_2 = 503.11 \text{ }^\circ\text{R} \left( \frac{164.5}{54.7} \right)^{\frac{1.142-1}{1.142}}$$

$$T_2 = 576.92 \text{ }^\circ\text{R}$$

$$T_2 = 576.92 \text{ }^\circ\text{R} - 460 = 116.92 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$T_2 = 47.18 \text{ }^\circ\text{C}$$

SUSTITUYENDO  $T_2$  EN LA ECUACION (1) TENEMOS

$$V_2 = \frac{P_1 V_1 T_2}{P_2 T_1} = \frac{(54.7) (1.93) (576.92)}{(164.5) (503.11)}$$

$$V_2 = 0.736 \text{ in}^3 = 12.06 \text{ cm}^3$$

### DETERMINACION DE LA MASA

$$P_1 V_1 = m R T_1 \quad (3)$$

$$m = \frac{P_1 V_1}{R T_1}$$

$$T_1 = 43.11 \text{ }^\circ\text{F} = 6.17 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$6.17 \text{ }^\circ\text{C} + 273 = 279.17 \text{ }^\circ\text{K}$$

$$m = \frac{(3.83) (31.74)}{(7.01) (279.17)}$$

$$m = 0.06211 \times 10^{-2} \text{ Kg. -m}$$

$$m = 6.211 \times 10^{-4} \text{ Kg. -m}$$

$$m = 13.692 \times 10^{-4} \text{ l b-m}$$

## CALCULO DEL GASTO MASICO

$$\underline{Q_m} = (1750 \text{ RPM}) (60') (13.692 \times 10^{-4}) 1 \text{ b}$$

$$Q_m = 1'437 \ 660 \times 10^{-4} \ 1 \text{ bm/H}$$

$$Q_m = 143.7 \frac{1\text{b}}{\text{H}}$$

$$Q_m \text{ TOTAL} = (Q_m) (3) = (143.7) (3) = 431.1$$

$$Q_{mt} = 431.1 \ 1\text{bm/H}$$

$$Q_{mt} = 195.54 \ \text{kg/H}$$

## DETERMINACION DEL TAMAÑO DEL COMPRESOR

El tamaño del compresor quedará sujeto al tamaño de las partes siguientes:

- a) Diámetro interior de la carcaza
- b) Diámetro del rotor
- c) Altura de la carcaza
- d) Diámetro exterior de la carcaza

- a) El diámetro interior de la carcaza es un dato restrictivo, este debe ser igual a 4 pulgadas.



## b) Cálculo del diámetro del rotor

Tomando en cuenta que en el rotor se harán las cavidades que alojarn a las paletas deslizantes y que éstas tendrán una longitud "l" igual al doble del máximo espacio entre el rotor y el diámetro interior de la carcaza. Se encontró una relación óptima de diámetros (diámetro interior de la carcaza y diámetro exterior del rotor) que depende de la resistencia del material del rotor y de las condiciones que se mencionaron anteriormente. Esta relación óptima resulto ser de: 1.307 es decir:

$$\frac{\text{Diámetro interior carcaza}}{\text{Diámetro interior rotor}} = \text{Relación óptima}$$

De aquí que el diámetro exterior del rotor sea de 7.77 cm. de acuerdo con la expresión siguiente:

$$\frac{\varnothing \text{ int.}}{\varnothing \text{ ext.}} = \text{Rel} = \frac{\varnothing \text{ ext.}}{\varnothing \text{ int.}}$$

$$\varnothing \text{ ext.} = \frac{4 \text{ pulgadas}}{1.307} = 3.06 \text{ pulgadas}$$

$$\varnothing \text{ ext.} = 7.772 \text{ cm.}$$

$$\varnothing \text{ int.} = 10.160 \text{ cm.}$$

## c) Cálculo de la altura de la carcaza.

Los datos que se tienen disponibles para calcular la altura son-- los siguientes:

$$V_A = 31.62 \text{ cm}^3$$

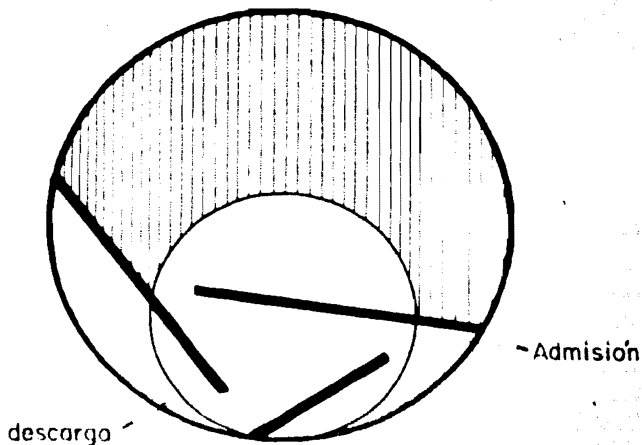
Relación Optima de diámetros = 1.307

La expresión que nos servirá para calcular la altura, es la siguiente:

$$V_a = Ah$$

$$h = \frac{V_a}{A}$$

donde A es el área delimitada por el diámetro del rotor, el diámetro interior de la carcasa y las paletas en su posición de admisión máxima, como se muestra en la figura siguiente:



Esta superficie resulta ser de  $15.893 \text{ cm}^2$

$$h = \frac{31.62 \text{ cm}^3}{15.893 \text{ cm}^2} = 1.99 \text{ cm.}$$

$$h = 0.07834 \text{ pulgadas}$$

d) Cálculo del diámetro exterior de la carcaza

De acuerdo con la 7a. edición del MACHINEERING - HAND BOOK

$$t = \frac{D}{2} \frac{S + (1 - 2U) P}{S - (1 + U) P} - 1$$

donde:

t = espesor de la pared

D = Diámetro interior

S = esfuerzo a la tensión

S = para el acero =  $12000 \text{ lb/in}^2$

U = para el acero = 0.3

P = 150 PSIG =  $10.546 \text{ kg/cm}^2$

...

$$t = \frac{4}{2} \frac{12000 + (1 - 2(0.3)) 150}{12000 - (1+0.3) 150} - 1 = 2 \left( \frac{12060}{11805} \right) - 1$$

$$t = 2(0.0216) = 0.2939 \text{ pulgadas} = 7.46 \text{ mm.}$$

## DETERMINACION DE LAS DIMENSIONES DE LAS PALETAS

### a) Longitud máxima de las paletas

De acuerdo con la posición de las paletas respecto al rotor y la carcasa, éstas se encontrarán expulsadas al máximo cuando su colocación sea de acuerdo a la figura siguiente:

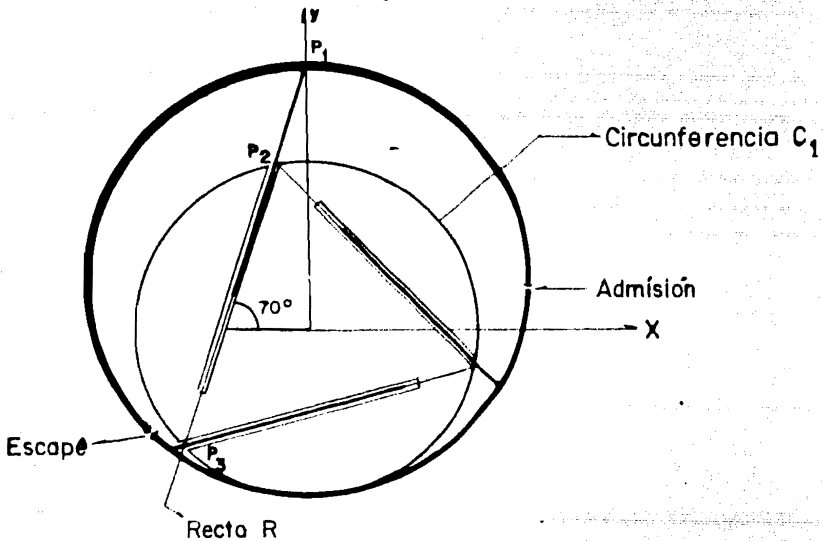


Fig. N° 3

### Posición de las Paletas en su máxima expulsión

Con ésta figura podemos determinar la longitud máxima de las paletas que será igual a  $2 \overline{P_1 P_2} = 1 \text{ max.}$  y la longitud  $\overline{P_2 P_3}$

Ecuación de la recta R.

$$Y = 2.75 X + 2.47$$

donde 2.75 =  $\tan$  ang. de  $70^\circ$

Ecuación de la circunferencia C.

$$X^2 + Y^2 = 2.34$$

Punto de intersección

$$P_2 = (-0.32, 1.5)$$

$$P_3 = (-1.14, -1.04)$$

$$\overline{P_1 P_2} = d_1 = 3.00 \text{ cm}$$

$$l_{\max} = 6.00$$

$$\overline{P_2 P_3} = d_2 = 6.73 \text{ cm.}$$

$$d_2 = 2d_1$$

$\therefore$  Si se pueden alojar las paletas con esas dimensiones y en esa posición en el rotor.

Fuerza de rozamiento entre las paletas y la carcaza.

$$F_r = N = 0.3$$

$$N = FC \quad W = 183.26 \frac{\text{rad}}{\text{seg}}$$

$$FC = Mw^2 r = 1.14 \text{ g/cm}^3$$

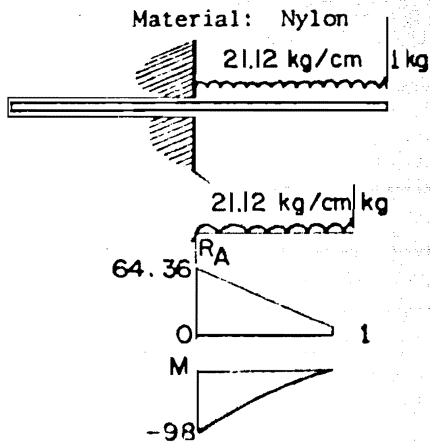
M = (volumen de cada paleta) (Nylon)

$$M = 4.6 \text{ gramos}$$

$$FC = N = 9.6 \text{ Newtons}$$

$$N = 1.0 \text{ Kg.}$$

Diseño del espesor de las paletas.



$$M = \frac{\tau b h}{G} \quad h = \sqrt{\frac{GM}{56} \times f_s}$$

$$\tau = 1200$$

$$F_s = \text{Factor y seguridad} = 1.2$$

$$h = 0.542 \text{ cm}$$

$$h = 0.6 \text{ cm}$$

CALCULO DEL TRABAJO Y LA  
POTENCIA NECESARIA

W = Trabajo

P = Potencia =  $\frac{W}{t}$

$$W = \frac{k}{1-k} (P_1 V_1) \left[ \left( \frac{P_2}{P_1} \right)^{\frac{1}{k}} \exp(k-1) / k - 1 \right]$$

K = 1.142

$P_1 = 26.27$  PSIA

$P_2 = 164.70$  PSIA

$V_1 = 1.93$  in<sup>3</sup>

$$W = (8.04) (26.27) (1.93) \left( \frac{164.7}{26.27} \right)^{\frac{1.142-1}{1.142}} - 1$$

$$407.63 (0.258) = 105.24$$

$$W = 105.24 \div 12 = 8.77 \text{ lb} \cdot \text{pie}$$

$$P = 8.77 (1750 \text{ RPM}) = 15347 \frac{\text{lb} \cdot \text{pie}}{\text{min}}$$

$$1 \text{ HP} = 32905 \frac{\text{lb} \cdot \text{pie}}{\text{min}}$$

$$\frac{15347}{32905} = 0.46$$

$$P = 0.46 \text{ HP}$$

Considerando una eficiencia de 0.5 la potencia al freno necesario serfa de:  $0.923 \text{ HP} = 1 \text{ H.P.}$



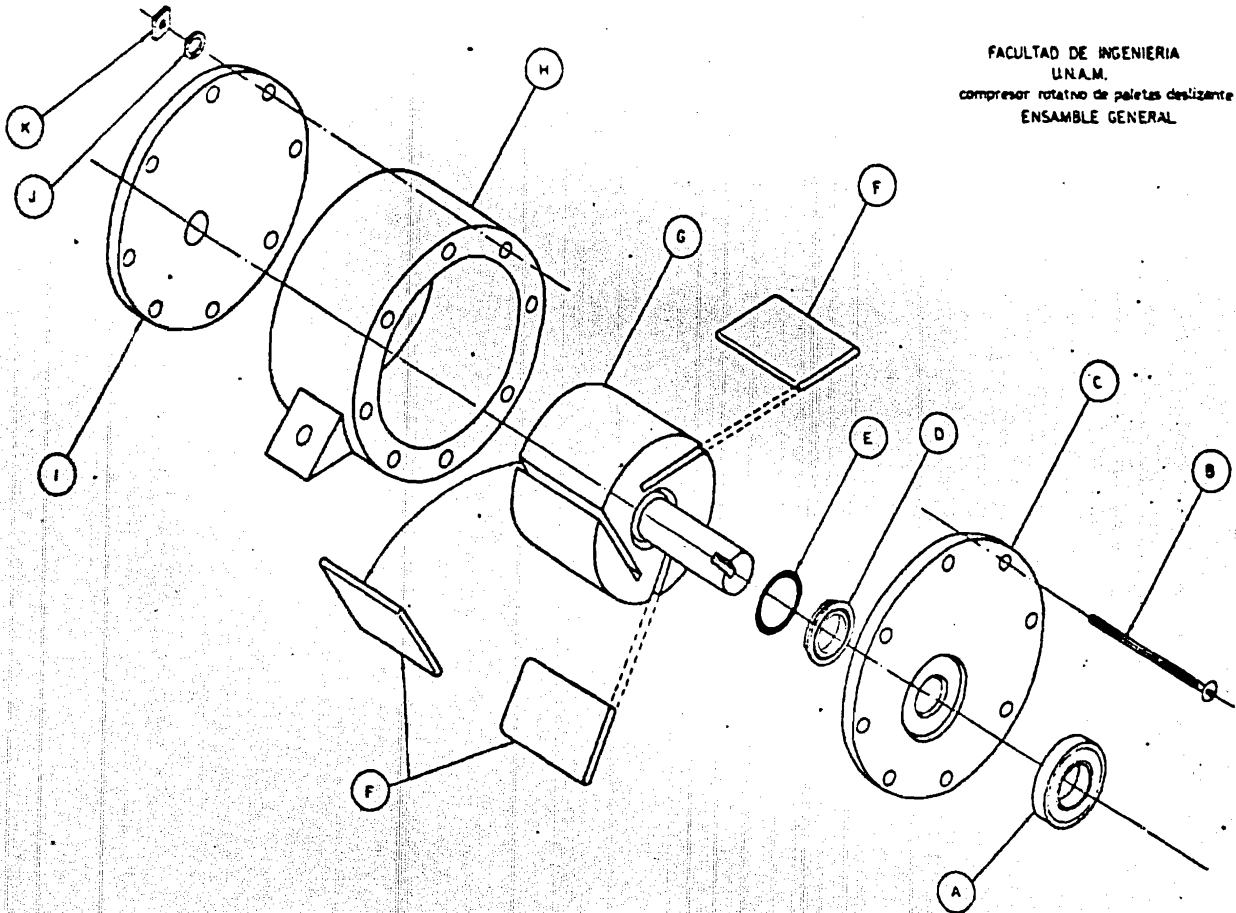
## DIAMETRO DE LA FLECHA MOTRIZ

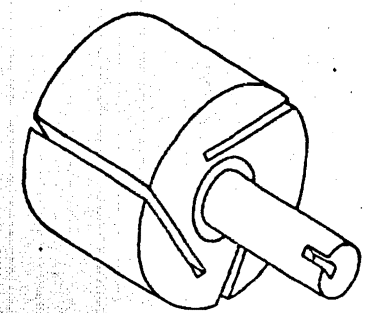
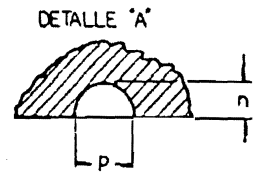
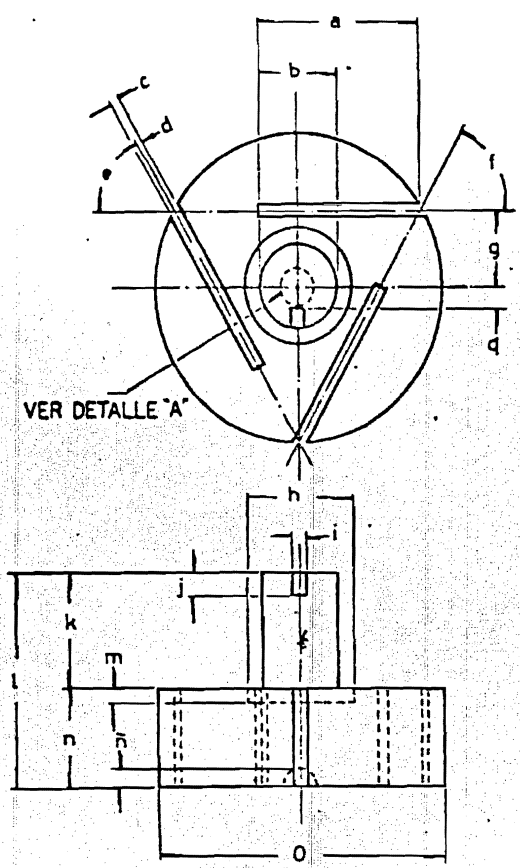
 $\emptyset = 1.27 \text{ cm. (0.5 pulgadas)}$

LISTA DE PARTES

CANT.	DESCRIPCION	MATERIAL
1	(A) Balero	Acero Inoxidable
8	(B) Tornillos Allen	" "
1	(C) Tapa anterior	" "
1	(D) Sello	Grafito (importación)
1	(E) Anillo "O"	Neopreno
3	(F) Paletas	Nylon
1	(G) Rotor	Acero
1	(H) Carcaza	Tubo rolado en frio (C.R.S.)
1	(I) Tapa posterior	Acero Inoxidable
8	(J) Roldana de presión	Acero ( C.D.S. )
8	(K) Tuerca Hexagonal	Acero ( C.D.S. )
1	(L) Cufia	Acero Inoxidable
1	(M) Bala	Acero
2	(N) Juntas	Papel Vellumoid

FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.  
compresor rotativo de paletas deslizante  
ENSAMBLE GENERAL

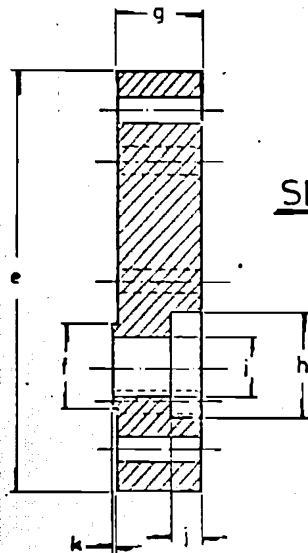
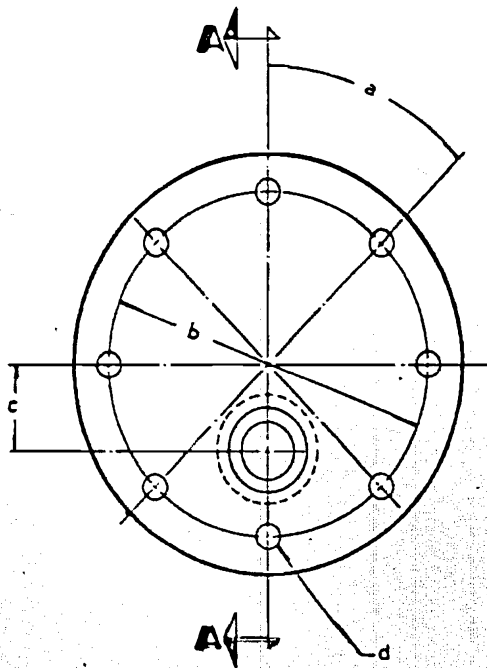




FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
 compresor rotativo de paletas deslizantes

PZA: ROTOR (SUB-ENSAMBLE)  
 material: acero  
 escala: sin  
 acot. cms.  
 cent. 1 pza.

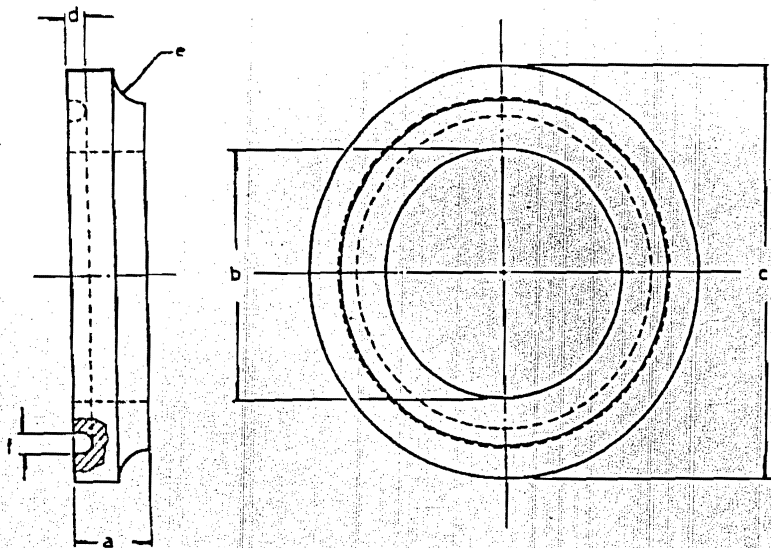
DIB. "A"



SEC. A-A

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
 compresor rotativo de paletas deslizantes  
 PZA. TAPA ANTERIOR  
 material: acero  
 escala: sin  
 acot. cms.  
 cant. 1 pza.

DIB. 'B'

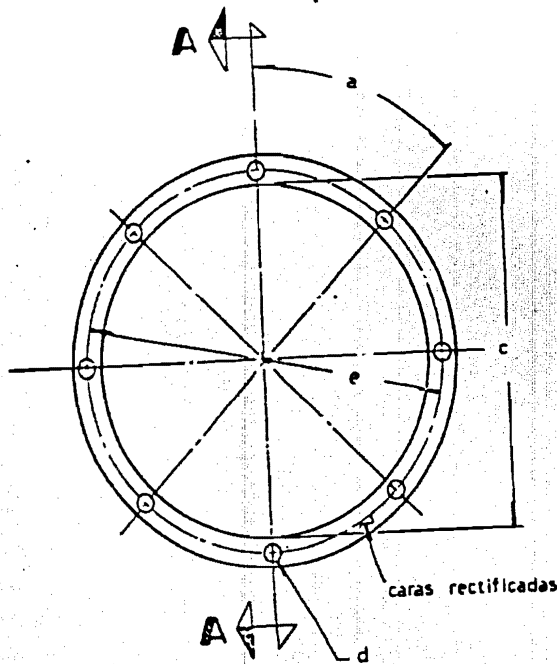


FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.

compresor rotativo de paletas  
deslizante

PZA. SELLO  
material -  
escala - sin  
acordaroms.  
CONT. 1 PZA.

DIB. "C"



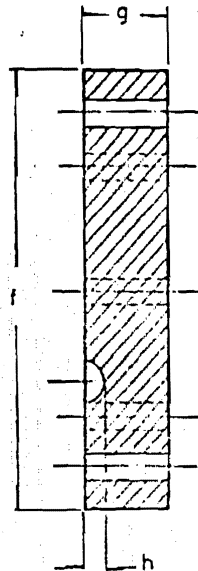
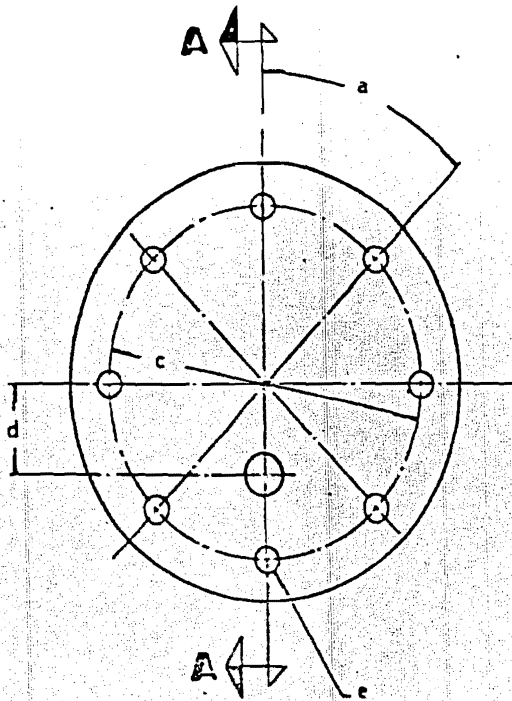
SEC. A-A

NOTA: RECTIFICADO Y PULIDO A ESPEJO  
EN EL DIAM. INT.

FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.  
compresor rotativo de paletas deslizantes

PZA: CARCAZA  
material: tubo s/cdst. C-40  
escala: sin  
acot: cms.  
cant: 1 pza.

DIB. 'D'



SEC. A-A

FACULTAD DE INGENIERIA U.N.A.M.  
compresor rotativo de paletas deslizantes

PZA: TAPA POSTERIOR

material: acero

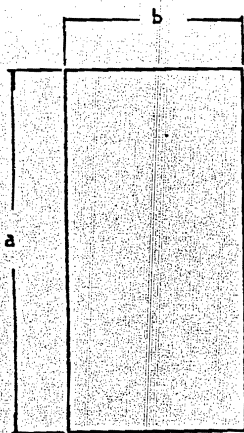
escala: sin

acot. cms.

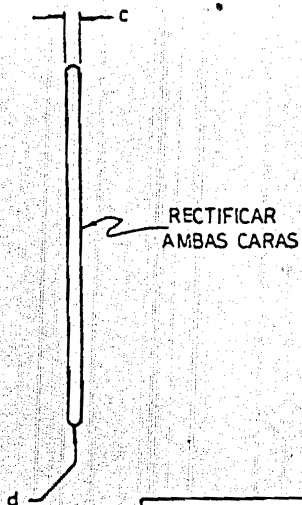
cant: 1 pza.

DIB. "E"





NOTA:  
PALETA RECTIFICADA



FACULTAD DE INGENIERIA  
U.N.A.M.

compresor rotativo de paletas  
deslizantes.

pza. — paleta deslizante

material: nylomid

escala: sin

acot: cm.

cant: 3 pzas.

DIB. F'

## CONCLUSIONES SOBRE EL DISEÑO

En nuestro país el diseño de cualquier tipo de maquinaria y en muchísimos casos hasta de las piezas más elementales y sencillas se encuentra en manos de compañías extranjeras, limitando a las personas profesionales de la Ingeniería al mantenimiento de ésta tecnología, motivando con ésto la marginación a sus teorías y al aprendizaje en beneficio de ellas y en perjuicio del país en general.

Lo dicho anteriormente lo pudimos comprobar al investigar el funcionamiento de un compresor de este tipo, ya que en primer lugar las compañías que lo fabrican son extranjeras y en segundo lugar, la información que se puede obtener de ellas es casi nula. Sin embargo al empezar el diseño de la máquina, nos dimos cuenta que ésta funcionaría -- con los principios elementales de física y que solo había que aplicar conocimientos generales de Ingeniería para que ésta fuera funcional, eficiente y de bajo costo.

Esto nos hizo sentir que con la preparación que se obtiene en la facultad, voluntad y decisión podríamos diseñar y construir muchas piezas o máquinas que se traen de importación.

## CONCLUSIONES GENERALES

Las ideas y motivaciones que inspiran la realización de un estudio obedecen casi siempre a una porción de diversos factores. En este caso la motivación para estructurar este curso surgió de la necesidad que se tiene de realizar una aplicación integral objetiva de todos los conocimientos adquiridos a través de la carrera; es por eso que presentamos una sugerencia práctica con un ejemplo realista con el propósito de incrementar el interés en la investigación y creatividad del futuro Ingeniero.

Es indudable que la planeación de la enseñanza es una tarea muy difícil pero que nos puede dar grandes beneficios a corto y mediano-plazo. Debemos también reconocer que es el único medio que ayuda a proporcionar al alumno la mejor instrucción posible de acuerdo con las necesidades contemporáneas.

En conclusión, un planteamiento didáctico adecuado y una revisión-periódica de la enseñanza, es decisivo para estructurar las bases académicas de la instrucción y preparación acorde a las necesidades actuales, reduciendo así la frustración de estudiantes y profesionistas en beneficio del país.

## B I B L I O G R A F I A

## 1.- TESIS PROFESIONAL - 1967 -

Selección y Proyecto para una  
Unidad Compresora de Gas.

Carlos Robledo Ponce

## 2.- RESISTENCIA DE MATERIALES

Robert W. Fitzgerald

Worcester Plitechnic

## 3.- MANUAL DE COMPRESORES ROTATIVOS

Worthington

## 4.- ENERGIA MEDIANTE VAPOR AIRE O GAS.

W. H. Severns

H. E. Degler

J. C. Miles

## 5.- PLANTEAMIENTO DIDACTICO

Plan de desarrollo para unidades y cursos

Jerrold E. Kemp.

- 6.- MACHINEERING HANDBOOK  
7a. Edición
- 7.- REFRIGERACION Y ACONDICIONAMIENTO  
DE AIRE  
Stocker
- 8.- FUNDAMENTOS DE TERMODINAMICA
- 9.- MANUAL INGERSOL - RAND
- 10.- INTRODUCCION A LA INGENIERIA DE  
PROYECTOS  
Miguel Angel Corso  
L I M U S A
- 11.- INTRODUCCION A LA INGENIERIA Y AL  
DISEÑO EN LA INGENIERIA  
Edward V. Krikk  
2a. Edición - LIMUSA
- 12.- MECANICA DE MATERIALES  
F. R. Shanley  
M.C. Graw Hill